Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin
der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. med. F. Schleyer

Untersuchungen über die optimale Methodik zur Darstellung des Haarcuticulabildes

Inaugural - Dissertation zur Erlangung des
Doktorgrades der gesamten Medizin der hohen
Medizinischen Fakultät der
Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von

WILFRIED RING

aus Darmstadt

Marburg 1968

Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin
der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. med. F. Schleyer

Untersuchungen über die optimale Methodik zur Darstellung des Haarcuticulabildes

Inaugural - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin der hohen Medizinischen Fakultät der Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von

WILFRIED RING

aus Darmstadt

Marburg 1968

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 12. August 1968

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr.med. R. Siegert

Referent: Prof. Dr.med. F. Schleyer

Correferent: Doz. Dr.med. H. Amon

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Herrn Professor Dr. Schleyer danke ich
für die Überlassung des Themas,
seine Beratung bei den Versuchen
und der Ausarbeitung der Dissertation

1. Einleitung und Allgemeines

Die Oberfläche des Haares besteht aus Schuppen, die sich dachziegelartig überdecken und mit ihren freien Rändern gegen die Haarspitze gerichtet sind. Dieses Oberhäutchen der Haare (Epidermicula oder auch Haarcuticula) zeigt eine für den Menschen und jede Tierart spezifische Anordnung der Schuppen. Die Ränder der Schuppen sind im Mikroskop als feine Linien zu erkennen.

Diese artspezifische Struktur der Cuticula hat große Bedeutung für die Textilindustrie und die gerichtliche Medizin. Aus diesem Grunde ist man schon seit langem um die saubere und klare Darstellung der Haarcuticula bemüht, und es existiert eine große Anzahl verschiedener Methoden, die dies erreichen sollen.

Es war Aufgabe der vorliegenden Arbeit, alle veröffentlichten Methoden auf ihre Qualität zu prüfen und das für die Praxis am besten geeignete Verfahren zu ermitteln. Die Untersuchung beschränkte sich auf die Darstellungstechnik und befaßte sich nicht mit der Artdiagnostik aus dem Cuticulabild.

2. Darstellungsmethoden und eigene Versuche

Die Darstellungsmethoden lassen sich aufteilen in:

1. Direkte Methoden, bei denen die feinen Schuppenränder am Haar selbst dargestellt werden;

2. Indirekte Methoden, bei denen die Cuticulastruktur nicht am Haar selbst, sondern durch Anfertigen eines Haarabdruckes in einem geeigneten Medium dargestellt wird.

1. Voruntersuchung und Reinigung der Haare

Voraussetzung zur eindeutigen Darstellung der Haarcuticula ist die vorherige Reinigung des Haares. Hierzu werden von den einzelnen Autoren verschiedene Reagenzien angegeben (Äther, Xylol, Alkohol, Aceton). Diese Reagenzien werden zum Teil nacheinander oder als Gemisch angewendet. Es erweist sich jedoch, daß eine Reinigung der Haare in Äther völlig ausreichend ist. Man bringt die zu untersuchenden Haare, nachdem man sie unter Umständen vorher unter dem Mikroskop auf anhaftende Fremdkörper betrachtet hat, für eine halbe Stunde in eine Schale mit Äther, nimmt sie dann mit einer feinen Pinzette heraus und läßt sie 2 Minuten an der Luft trocknen. Durch Anwendung der anderen beschriebenen Reinigungsverfahren konnte in keinem Fall eine Verbesserung der Schuppenzeichnung erreicht werden.

II. Direkte Methoden

A. Betrachtung des gereinigten Haares im durchfallenden Licht

Das Haar wird an seinen Enden mit Klebestreifen auf einem Objektträger befestigt, so daß es gespannt dem Glas aufliegt. Dann wird es ohne Deckglas im durchfallenden Licht eines normalen Mikroskopes betrachtet. In vielen Fällen kann man schon bei dieser Methode die Schuppenränder der Haarcuticula als feine schwarze Linien erkennen. Es wirken sich jedoch folgende Faktoren störend aus:

1. Der Markstrang, der durch seinen Luftgehalt eine Totalreflexion des durchfallenden Lichtes bewirkt, verdunkelt das Bild im Bereich der Medulla.

2. Die Pigmentierung dunkler Haare, die je nach Grad der Pigmentierung und Dicke des Haares eine geringe oder fast vollständige Absorption des Lichtes bewirkt.

3. Das Durchscheinen der Struktur der Haarunterseite.

4. Reflexion des auftreffenden Lichtes in der schrägen Randzone des Haares. Sie hat zur Folge, daß auch im Randbereich das Bild stark verdunkelt wird.

Die beiden letztgenannten Störungsursachen lassen sich dadurch ausschalten, daß man das Haar mit seiner unteren Hälfte in einen lichtdurchlässigen Stoff einbettet, der die gleiche optische Dichte wie die Haaroberfläche hat. Man er-

reicht so eine optisch homogene Verbindung zwischen Objektträger, Bettungsmittel und Haaroberfläche. Es verschwinden die durchscheinenden Strukturen der Cuticula der Haarunterseite und zum größten Teil die Verdunklungen der Randzone, weil das Licht ungehindert bis zur Haaroberfläche durchdringen kann. Diese Methode wird bei LOSKE als "Positivbettung" bezeichnet, im Gegensatz zur später beschriebenen "Negativbettung".

B. Positivbettung

MENDRZYK benutzt zur Halbbettung Glyzerin, das an den Enden des gespannten und dem Objektträger dicht anliegenden Haares in Form zweier kleiner Tropfen aufgebracht wird und sich dann durch die Kapillarkräfte zwischen Haarunterseite und Objektträger ausbreitet.

TROTTER und DUGGINS beschreiben die gleiche Methode, nur verwenden sie ein Gemisch von gleichen Teilen Glyzerin und Alkohol.

Eine weitere Methode der Positivbettung des Haares ist die mit Hilfe des von REUMUTH (bei DOEHNER und REUMUTH) entwickelten ROX-Verfahrens. ROX-Bettungsmasse ist eine Lösung von Zelluloidkampfer in Amylazetat (Angabe von KOCH) und ist fertig zu beziehen (Chroma-Gesellschaft, Stuttgart-Untertürkheim, Hindelanger Straße 19). ROX I hat in erstarrtem Zustand einen Lichtbrechungsindex von 1,555, der genau dem durchschnittlichen Brechungsindex der Schafwolle

entspricht.

Beim Halbbetten der Haare nach dem ROX-Verfahren werden die zu untersuchenden Haare, nachdem sie gereinigt und getrocknet sind, über einen Rahmen gespannt und mit je einem Tropfen Deckglaskitt befestigt. Der Rahmen muß so groß sein, daß er bequem über einen Objektträger paßt, so daß die Haare dicht auf den Objektträger zu liegen kommen. Der Objektträger wird zuvor mit ROX I beschichtet, entweder mit Hilfe eines zweiten Objektträgers, wie bei der Herstellung eines Blutausstriches, oder durch einen in ROX getauchten Glasstab, der über den Objektträger gerollt wird. Die erzeugte Schichtdicke soll ungefähr dem halben Durchmesser der zu untersuchenden Haare entsprechen und darf nicht zu dick sein, damit die Haare nicht völlig eintauchen. Über diesen beschichteten Objektträger legt man den Rahmen mit den gespannten Haaren, so daß diese bis zur Hälfte in die Bettungsmasse einsinken. Nachdem das Bettungsmittel getrocknet ist, was in der Regel etwa zehn Minuten dauert, werden die Haare zwischen Objektträger und Rahmen mit einer Rasierklinge abgeschnitten; damit ist das Präparat fertig.

Eigene Nachprüfung

Alle beschriebenen Methoden der Positivbettung stellen die Cuticulazeichnung nur dann befriedigend dar, wenn die zu untersuchenden Haare weder stark pigmentiert sind, noch einen dicken Markstrang besitzen.

Das Glyzerin-Bettungsverfahren ist sehr einfach anzuwenden, das ROX-Verfahren bedarf jedoch einiger Übung. Der Ausstrich muß die richtige Dicke haben, und man muß schnell arbeiten, da die ROX-Schicht sehr schnell von der Oberfläche her trocknet, und die aufgelegten Haare in diesem Falle nicht mehr genügend benetzt werden. Die mit dem ROX-Positivverfahren erzielten Ergebnisse waren nicht besser als die Ergebnisse der Glyzerin-Alkohol-Halbbettung.

Manche ältere Autoren beschreiben Methoden, bei denen die bei der Positivbettung noch störenden Faktoren, nämlich Pigmentierung und Markhaltigkeit, zum Teil beseitigt werden. Die Pigmentierung wird durch längeres Einbringen der Haare in ein Bleichmittel zerstört. Der Markstrang wird durch Austreiben der Luft, durch längeres Kochen der Haare, durch Behandlung mit Salpetersäure oder durch Einbringen in ein Hochvakuum lichtdurchlässiger. Diese Methoden sind jedoch nicht mehr von Bedeutung, da sie sehr viel Zeit benötigen, zum Teil das Haar empfindlich schädigen und außerdem der Erfolg oft fraglich ist.

C. Betrachtung im auffallendem Licht

Eine weitere Methode der direkten Darstellung der Haarcuticula ist die Betrachtung des Haares im auffallenden Licht. Hierzu sind besondere Objektive erforderlich, wie sie auch in der Mineralogie zur Oberflächenbetrachtung in

Gebrauch sind. Diese Objektive besitzen einen eingebauten Spezialkondensor, der das Licht punktförmig auf die zu betrachtende Oberfläche wirft. Man ist also nicht mehr auf das den verschiedenen Störungsfaktoren unterworfene, durchfallende Licht angewiesen. EVANS hat die Methode noch dadurch verbessert, daß er das zu untersuchende Haar auf einem oberflächenversilberten Spiegel unter die Auflichtoptik bringt.

Eigene Nachprüfung

Die eigenen Versuche wurden mit dem OPAK-Illuminator des [illegible]HOT's der Firma LEITZ gemacht. Die Haaroberfläche wird nur sehr lichtschwach dargestellt, besonders bei stark pigmentiertem Haar ergeben sich störende Reflexe von der Schuppenoberfläche, und die Linien der Schuppenränder stellen sich nur sehr schwach und kontrastlos dar. Bei Verwendung eines oberflächenversilberten Spiegels nach EVANS stellt sich das Haar durch reflektiertes Licht wesentlich heller dar, wobei der Spiegel selbst als schwarzer Untergrund erscheint, da er kein Licht direkt in die Optik reflektiert. Aber auch bei dieser Verbesserung ist die Schuppenzeichnung viel zu kontrastarm.

D. Färbemethoden

Um die Zeichnung der Schuppenränder zu verstärken, existieren seit langem verschiedene Färbemethoden. Sie beruhen fast alle auf dem Prinzip, daß Farbstoff zwischen den Schuppen eindringt. Da dies vom Rand aus geschieht, ist es möglich, je nach Färbezeit die Schuppenränder in verschiedener Breite anzufärben.

Eine neuere Färbemethode wird von THOMA angegeben. Er benutzt eine Mischung von Methylgrün und Säurefuchsin.

Herstellung der Farblösung nach THOMA:

I. 8 g Methylgrün werden in 100 ml Aqua dest. gelöst, die Lösung wird kurz aufgekocht.

II. Gesättigte wässrige Lösung von Diamantfuchsin I (Merk). Färbeverfahren:

Lösung I und II zu gleichen Teilen mischen und filtrieren. 2,5 ml des Gemisches mit Aqua dest. auf 10 ml auffüllen, Haare etwa 30 min in Äther reinigen, anschließend für 90 min in Farblösung einbringen. Nach Entnahme Haare kurz in Äther schwenken, zwischen den Fingern ausstreifen und in Canada-Balsam eindecken. Die Zellgrenzen erscheinen schwarz, die Haarrinde rosa bis violett. Die Präparate sind nicht haltbar.

Ein Nachteil der Färbemethode besteht darin, daß die Hornlamellen des Oberhäutchens nur bei ergrauten und mittel- bis hellbraunen Haaren scharf in Erscheinung treten,

während dunkle Haare keine kontrastreichen Bilder liefern. Ein Vorteil ist dagegen darin zu sehen, daß die Cuticula direkt, also ohne Zwischenmedium mikroskopiert werden kann.

Bei den Färbemethoden stellen sich die Schuppenränder nicht durch Lichtbrechung dar, man kann also die angefärbten Haare vollständig einbetten, und das Präparat mit einem Deckglas versehen. Die Cuticulazeichnung hebt sich durch Anfärben der Schuppenränder hervor. Je nach Einwirkdauer des Farbstoffes erhält man einen mehr oder weniger breiten Farbsaum.

Eigene Nachprüfung

Die Schuppenränder heben sich als Bereiche mit maximaler Farbstoffkonzentration deutlich hervor, jedoch verliert das Bild dadurch an Klarheit, daß sich der Farbstoffsaum noch in erheblicher Breite und oft zungenförmig unter die Schuppen schiebt. Bei stark pigmentierten Haaren und bei solchen mit starkem Markstrang versagt die Methode ebenso wie die der positiven Halbbettung.

Da alle Methoden der direkten Darstellung der Haarcuticula nicht regelmäßig zum Erfolg führen und zum Teil völlig versagen, war man schon seit langem darum bemüht, Methoden zu erarbeiten, die bei jedem Haar zu gleich guten Ergebnissen führen. Erfolgversprechend konnte nur eine Methode sein, bei

der sich nur die Schuppenzeichnung darstellt. Diese Bedingung ist erfüllt bei der indirekten Darstellung der Cuticulazeichnung mit Hilfe eines Abdruckes des Schuppenreliefs.

III. Indirekte Methoden

Diese Methode der indirekten Darstellung - ursprünglich, wie bei SCHRÖDER angegeben, durch Zufall entdeckt - erlangte bald in den verschiedensten Variationen große Bedeutung. SAXINGER verwendet als Abdruckmittel eine blaugefärbte Lösung von Zelluloid in Aceton (30,0 g Zelluloid, 170,0 g Aceton und 0,5 g Farbbase B von Höchst). Von dieser Lösung bringt er einen Tropfen in Markstückgröße am Ende eines Objektträgers auf. Durch Auflegen eines zweiten Objektträgers und Abziehen wird ein dünner Ausstrich erzeugt. Sofort anschließend werden die gereinigten und getrockneten Haare mit einer Pinzette oder einer mit Glyzerin angefeuchteten Nadel auf den Ausstrich aufgelegt. Jedes Andrücken der Haare ist zu vermeiden, da diese sonst zu tief in der Abdruckmasse einsinken. Angestrebt wird ein Einsinken der Haare bis zu ihrem halben Durchmesser. Sinken sie tiefer ein, dann stören die über die dickste Stelle des Haares geflossenen Zelluloidteile beim späteren Mikroskopieren die Betrachtung des Randes. Sinkt das Haar nur ungenügend tief ein, so kommt die Randzone des Haares auf dem Abdruck nicht zur Darstellung. Nach dem Auflegen der Haare folgt das Trocknen des Präparates, und zwar bei einer Tempe-

ratur von 50 - 60 Grad C. Diese Trockentemperatur ist erforderlich, um den durch das Aceton an die Oberfläche steigenden Kampfer verdunsten zu lassen, da dieser sonst an der Oberfläche amorph auskristalisiert und sich bei der Betrachtung störend als feinkörnige Struktur bemerkbar macht. Ist die Zelluloidschicht getrocknet, so nimmt man das Haar mit Hilfe einer Näh- oder Präpariernadel ab, indem man es an einer Stelle mit der Nadel unterfährt. Der an dieser Stelle den Abdruck störende Kratzer ist wegen seiner geringen Breite meist unwesentlich.

Eigene Nachprüfung

Die beschriebene Methode ist recht gut und stellt den Kern der meisten, später beschriebenen Verfahren dar. Nur das von SAXINGER verwendete Abdruckmittel Zelluloidlösung befriedigt nicht. Folgendes ist zu bemängeln:

1. Das Trocknen der Präparate bei 50 - 60 ^{o} C kompliziert das Verfahren.

2. Es muß nach Ausstreichen des Zelluloidtropfens sehr schnell gearbeitet werden, da die Schicht rasch trocknet.

3. Auch bei sorgfältigem und schnellem Arbeiten befriedigen die erhaltenen Abdrücke nicht. Die Cuticulastruktur stellt sich nicht klar genug dar. Dies liegt zum Teil daran, daß der Ausstrich sofort von der Oberfläche her zu trocknen beginnt; er überzieht sich also mit einer festen Schicht,

die - so dünn sie auch sein mag - ein einwandfreies Anschmiegen des Zelluloids an die Feinstruktur des Haares erschwert.

4. Sehr feine Haare lassen sich aus dem gleichen Grunde nur sehr schwer in einem größeren Verlauf darstellen.

MANBY verweist auf eine Methode bei der ebenfalls Zelluloid zum Abdrücken der Haaroberfläche verwendet wird. Er beschreibt dann selbst eine Methode, bei der das auf einem Objektträger dicht aufliegende Haar durch einen Tropfen einer Lösung von 1% Zelluloid in Amylacetat völlig eingeschlossen und dann mit einem Zelluloiddeckglas versehen wird. Das Deckglas wird mit dem Finger fest angedrückt, um Biegungen des Haares zu glätten. Bei einigen Haaren sei es erforderlich, zusätzlich mit einem aufgelegten Objektträger und einem Gewicht den Druck zu verstärken, während das Bettungsmittel trocknet. Der Trockenprozeß benötige mehrere Stunden; danach wird die Celluloidschicht mit dem eingeschlossenen Haar vom Objektträger getrennt und das Haar herausgerissen. Man erhält hierdurch einen röhrenförmigen Abdruck im Zelluloid, der an seiner Unterseite, wo das Haar entfernt wurde, in voller Länge einen Riß aufweist. Der noch am Deckglas hängende Abdruck wird mit dem Deckglas nach oben an den Ecken mit Klebstoff auf einem Objektträger befestigt. Der Abdruck kann dann durch das Deckglas hindurch betrachtet werden.

Da es bei dieser Methode schwierig ist, sehr kurze und empfindliche Haare zu entfernen, gibt MANBY folgende Variation an: Ein Objektträger wird mit einer 5% Gelatinelösung

beschichtet, die man antrocknen läßt. Wenn die Schicht annähernd trocken ist, bringt man einen Tropfen kaltes Wasser auf die Schichtseite, und die zu untersuchenden Haare werden in diesem Wassertropfen auf dem Objektträger befestigt. Nachdem das Wasser verdunstet ist, haften die Haare auf der Gelatineschicht. Nun wird wie oben verfahren, und die Haare werden mit einem Tropfen 1% Zelluloidlösung und einem Deckglas völlig eingeschlossen. Nach dem Trockenprozeß löst man das Deckglas mit der Zelluloidschicht, die Haare bleiben an dem gelatineüberzogenen Objektträger hängen, und man kann den Zelluloidabdruck wie vorher betrachten.

Eigene Nachprüfung

MARBY's Methode hat gegenüber SAXINGER's Methode den Vorteil, daß eine bestimmte Trockentemperatur nicht erforderlich ist, denn da das Haar völlig von der Zelluloidmasse eingeschlossen ist, können sich keine störenden Kampferkristalle bilden. Außerdem wird durch die Art des Aufbringens der Zelluloidlösung in Form eines Tropfens das Haar mit seiner Feinstruktur sofort umschlossen, ohne daß sich vorher ein störender Film ausbilden kann. Die Abdrücke der Cuticula werden sauberer und schärfer als beim Aufbringen der Haare auf einen Zelluloidausstrich. Als Nachteil erweist sich die lange Trokkenzeit; es sind mindestens 6 Std erforderlich, um die eingeschlossene Zelluloidmasse zum Erhärten zu bringen. Wird

das Haar vor dieser Zeit entfernt, so verwischen die Abdrücke völlig.

Bei dünnen Haaren, besonders bei feinen Wollhaaren, ist es auch mit der recht aufwendigen Methode der Teilbettung in eine Gelatineschicht in manchen Fällen nicht möglich, die Haare sauber aus dem Zelluloid zu entfernen; sie reißen ab und sind dann nur recht schwierig und unter Teilzerstörung des Abdruckes wieder zu fassen.

Beim Mikroskopieren der meist recht scharf gezeichneten Abdrücke wirkt es sich störend aus, daß der Abdruck Röhrenform besitzt, und die untere Hälfte des Abdruckes, besonders im Randbereich, die obere betrachtete Hälfte stört.

LODEMANN beschrieb eine Variation des Verfahrens von SAXINGER. Er benutzt statt der Zelluloidlösung eine mit Methylenblau leicht angefärbte Gelatinelösung, macht aber keine Angaben über die Konzentration der Lösung. Er verweist darauf, daß die Präparate sauberer und haltbarer würden, sich die Methode auch für feine Wollhaare gut eigne, und es möglich sei, eine große Anzahl von Haaren aufzubringen, da die Präparate langsamer trocknen. Er taucht einen Objektträger in die erwärmte Gelatinelösung und macht auf einem zweiten einen Ausstrich, den er so lange erkalten läßt, bis die Schicht beim Schiefhalten des Objektträgers nicht mehr fließt . Dann werden die gereinigten Haare aufgelegt. Der Trockenprozeß kann durch leichtes Erwärmen der

Präparate beschleunigt werden.

Eigene Nachprüfung

Bei den Versuchen mit Gelatineausstrichen macht sich sofort die starke Benetzungsfähigkeit des Ausstriches gegenüber den aufgelegten Haaren bemerkbar. Auch wenn das Haar beim Auflegen in seinem Verlauf der Schicht nicht an allen Stellen vollständig aufliegt, so wird es doch meist nach wenigen Sekunden durch das Gelatinegel benetzt, was man bei keinem anderen flüssigen Abdruckmittel in dieser Ausprägung beobachten kann.

Da LODEMANN keine Angaben über die Konzentration der von ihm verwendeten Gelatinelösung macht, wurde mit verschiedenen Konzentrationen experimentiert. Für die meisten Haarstärken eignet sich eine 25% Gelatinelösung am besten, nur für besonders dicke Haare, wie z. B. Schweineborsten ist eine 40% Lösung erforderlich. Die Gelatine wird am besten mit einem Glasstab aufgetragen, der in der Lösung miterwärmt und flach über einen Objektträger gezogen wird. Die Ausstrichmethode mit einem zweiten Objektträger, wie sie LODEMANN beschreibt, ergibt nicht so gleichmäßige Ausstriche; etwas besser werden die Ausstriche, wenn man den zum Ausstreichen verwendeten Objektträger vorher kurz erwärmt, damit die Gelatine nicht schon an diesem erkaltet. Für dicke Ausstriche wird der Glasstab während des Ausstreichens leicht gedreht, für dünne Aus-

striche zieht man ihn unter leichtem Druck wieder zurück.

Bei der verwendeten Konzentration darf mit dem Auflegen nicht gezögert werden. Feine Wollhaare werden nach dem Auflegen durch Anblasen vollständig mit der Schicht in Berührung gebracht. Sonst muß darauf geachtet werden, daß ein Haar, das einmal an einer Stelle mit der Schicht in Berührung gekommen ist, sich nicht mehr um seine Längsachse dreht, was besonders bei gekrümmten Haaren leicht der Fall ist, wenn diese mit der Außenseite des Krümmungsbogens aufgesetzt und dann zur vollständigen Haftung angeblasen werden. in diesem Fall zieht das Haar an der Stelle, wo es zuerst haftete, einen dünnen Gelatinefilm mit nach oben, der später die Betrachtung des Abdruckes stört. Lange gekrümmte Haare werden deshalb am besten in Stücke von etwa 1,5 cm Länge geschnitten, und diese Stücke einzeln aufgelegt. Nach 30 sec sollen möglichst alle Haare oder Haarteile aufgelegt sein, da dann das Präparat zu härten beginnt. Angestrebt wird in jedem Falle das Einsinken der Haare bis zur Hälfte ihres Durchmessers. Der Trockenprozeß dauert in der Regel 10 min, bei dicken Ausstrichen etwas länger. Leichtes Erwärmen über einer Bunsenbrennerflamme verkürzt die Trockenzeit erheblich.

Die Haare lassen sich leicht mit einer Nadel entfernen und sind für weitere Versuche völlig unverändert. Die Abdrücke sind sauber gezeichnet und sehr kontrastreich. Das Anfärben der Gelatinelösung ist nicht erforderlich, es zeigte sich

kein Unterschied zwischen gefärbten und ungefärbten Präparaten. Dies ist dadurch zu erklären, daß sich die Schuppenzeichnung nicht durch Lichtabsorption hervorhebt, sondern durch Reflexion des Lichtes an den durch die Cuticulastruktur im Abdruckmittel entstehenden Schrägflächen; hierauf hat ein Färbemittel keinen Einfluß.

HERZOG benutzt als Abdruckmittel KRÖNIG'schen Deckglaskitt, ein Gemisch von Kolophonium und Bienenwachs zu gleichen Teilen. Er bringt etwas durch Wärme verflüssigten Kitt auf einen vorgewärmten Objektträger, der anschließend noch einmal erwärmt wird, wodurch sich die Kittmasse ausreichend gleichmäßig verteilt. Auf die erkaltete Masse werden die abzudrückenden Haare aufgelegt, mit der Kuppe des Zeigefingers fest angedrückt, und daraufhin abgezogen.

Eigene Nachprüfung

Durch die Methode des Andrückens mit der Fingerkuppe ist es nur schwer möglich, eine Faser in einem größeren Verlauf gleichmäßig darzustellen. Das Andrücken der Haare mit einem aufgelegten Objektträger führt auch nicht zu besseren Abdrücken, da die Kittschicht nicht von gleichmäßiger Dicke ist, und die Haare dadurch an manchen Stellen zu tief eingedrückt werden. Unter dem Mikroskop zeigen die Abdrücke die Cuticulastruktur nur verwaschen.

SCHRÖDER beschrieb eine Methode, bei der er die Gelatineschicht einer unbelichteten und ausfixierten Photoplatte als Abdruckmittel verwendet. Die ausfixierten, also vom Silber befreiten Platten sind auf der Schichtseite mit einer gleichmäßigen , durchsichtigen Gelatineschicht von konstanter Härte und Dicke überzogen. SCHRÖDER läßt die ausfixierten Platten trocknen und zerschneidet sie in kleine Stücke von etwa der Größe eines halben Objektträgers. Um Abdrücke herzustellen, wird die Gelatineschicht durch kurzes Eintauchen in Wasser oder durch vorsichtiges Bestreichen mit einem nassen Pinsel etwas angefeuchtet. Auf die angefeuchtete Schicht werden die Haare aufgelegt, mit einer Zelluloidfolie und einem Objektträger bedeckt, der mit einem Gewicht von 1 kg beschwert wird. Nach 15 min werden Gewicht und Objektträger abgehoben, und die Zelluloidfolie von der Schicht abgezogen. Die Haare bleiben an der Gelatineschicht haften, in die sie sich eingedrückt haben. Nun läßt man das Präparat trocknen, was durch Wärme beschleunigt werden kann, wobei darauf zu achten ist, daß die Gelatineschicht nicht durch zu starke Hitzeeinwirkung flüssig wird. Nach dem Trocknen werden die Haare von der Schicht entfernt, und die Abdrücke betrachtet. "Ob sich das Haar in seiner ganzen Breite abgedrückt hat, erkennt man daran, daß die beiden Seitenlinien gerade verlaufen müssen und eventuell die feine Randzähnelung zeigen" (SCHRÖDER).

Eigene Nachprüfung

Die modernen photographischen Platten sind meistens - wie auch die Filme - auf der der Schichtseite gegenüberliegenden Seite mit einer die Lichtreflexion verhindernden Blauschicht versehen. Diese Schicht löst sich nur in alkalischer Lösung. Werden die Platten, wie von SCHRÖDER beschrieben, nur ausfixiert, dann verschwindet in der sauren Lösung des Fixierbades diese Schicht nicht. Entweder müssen die Platten auch noch vorher entwickelt werden, wobei auf völlige Dunkelheit zu achten ist, da sich die photographische Schicht sonst schwärzt, oder - was sinnvoller ist - die Blauschicht wird nach dem Fixie ren in alkalischer Lösung entfernt. Durch Behandlung mit einem groben Scheuermittel kann die Ablösung der Blauschicht beschleunigt werden. Es muß darauf geachtet werden, daß die in feuchtem Zustand sehr empfindliche Gelatineschicht nicht beschädigt wird. Auch beim Schneiden der trocknen Platten muß dies beachtet werden. Manchmal fällt es schwer, in trockenem Zustand die Schichtseite der Platte von der Glasseite zu unterscheiden. In diesem Fall hat sich ein Anhauchen der Platten gut bewährt; die Glasseite beschlägt, die Schichtseite zeigt keine Veränderung. Auf das Zwischenlegen der Zelluloidfolie darf nicht verzichtet werden, der aufgelegte Objektträger bleibt sonst an der Gelatineschicht haften, und beim Loslösen werden die Haare dann meistens mit-

entfernt, was bei Verwendung der Zelluloidfolie nicht der Fall ist. Die Haare dürfen erst abgehoben werden, wenn die Schicht völlig trocken ist. Dies kann am besten dadurch kontrolliert werden, daß man die Schicht mit einer Nadel berührt.

Die Abdrücke sind äußerst scharf, jedoch reicht die Schichtdicke der Platten bei dickeren Haaren nicht aus, um die Haare bis zur Hälfte ihres Durchmessers einzubetten. Sie drücken sich dann nur zum Teil ein, und der Abdruck täuscht über die wahren Größenverhältnisse hinweg. Das von SCHRÖDER angegebene Kriterium der gerade verlaufenden Seitenlinien mit der erkennbaren Randzähnelung ist nicht eindeutig. Auch bei nur unvollkommen tiefem Eindruck können die Seitenlinien gerade und sogar parallel verlaufen. Eine Randzähnelung fand sich gerade nur dann, wenn sich ein Haar nur zum Teil abgedrückt hatte, Bei Eindruck bis zur Haarmitte ist eine durch die Schuppenstruktur hervorgerufenenZähnung nicht erkennbar, sondern man findet eine Verdunklung der Randpartien. Diese wird durch Reflexion des durchfallenden Lichtes an den schrägen Randteilen des Abdruckes hervorgerufen und beruht auf dem gleichen Vorgang, der auch die feinen Cuticulastrukturen als schwarze Linien hervortreten läßt. Ist ein Abdruck nur unvollkommen tief, so fehlt die schräge Randzone und die Schwärzung des Randes ebenfalls.

WIDY beschreibt eine Modifikation des Verfahrens nach SCHRÖDER. Er benutzt ebenfalls ein Stück einer ausfixierten Photoplatte, legt die Haare auf und bedeckt sie mit einer Stanniolfolie. Dann drückt er die Folie vorsichtig mit dem Finger an und hebt sie nach 10 min ab. Die Haare haben sich dann in die Schicht eingebettet und werden nach dem Trocknen des Präparates entfernt. WIDY umgeht auf diese Weise das von SCHRÖDER beschriebene Andrücken der Haare durch ein aufgelegtes Gewicht.

Eigene Nachprüfung

Statt Stanniolfolie wurde Aluminiumfolie verwendet. Die Versuche ergaben sehr ungleichmäßige und zum Teil unscharfe Abdrücke. Auch bei dieser Methode ist der vollständige Abdruck dicker Haare nicht möglich.

In vielen Veröffentlichungen wird auf die Verwendung von Zaponlackausstrichen als Abdruckmittel hingewiesen.

Eigene Nachprüfung

Zaponlack ist eine Lösung von Zellulosenitrat in Aceton oder anderen leichtflüchtigen Lösungsmitteln. Die Ausstriche

trocknen daher sehr rasch, und es ergeben sich die gleichen Probleme wie bei der von SAXINGER benutzten Zelluloidlösung: der Ausstrich überzieht sich sofort mit einem dünnen Film, der das einwandfreie Abdrücken der Feinstrukturen verhindert. Scharfe Abdrücke konnten nach dieser Methode nicht erzielt werden.

JAROSCH, GRIMS und MAREK benutzten ein Gemisch von Zaponlack und Resina-Mastix im Mengenverhältnis 2 : 1 und streichen es auf einem Objektträger aus.

Eigene Nachprüfung

Zaponlack und Resina-Mastix sind im angegebenen Mengenverhältnis gut zu mischen. Die Mischung ist verschlossen unbegrenzt haltbar. Resina-Mastix ist ein Produkt aus pflanzlichen Harzen und wird wegen seiner guten Klebfähigkeit in der Chirurgie zur Befestigung von Verbänden benutzt.

Ein Gemisch von Zaponlack und Resina-Mastix im beschriebenen Mengenverhältnis ergab keine guten Abdrücke. Oft kam es vor, daß Haare sehr fest haften blieben, und daß beim Lösen dieser Haare feine Fäden von Resina-Mastix aus dem Präparat herausgezogen wurden, und der Abdruck verdorben wurde. Außerdem löste sich beim Entfernen der Haare die Schicht vom Objektträger ab, was die Präparate ebenfalls in manchen Fällen unbrauchbar machte. Eine Verminderung der

Resina-Mastix-Konzentration um die Hälfte zur gleichen Menge Zaponlack ergab eine bessere Eigenschaft des Gemisches. Es trocknet etwas langsamer als reiner Zaponlack und die Einbettung der Haare ist hierdurch leichter und besser zu bewerkstelligen. Ein festes Haften der Haare an Mastixfäden trat nicht mehr auf. Die Abdrücke befriedigten jedoch nicht vollständig, denn die Schuppenlinien werden oft sehr zerfranst und unscharf dargestellt.

KIRK, MAGAGNOSE und SALISBURY erwähnen die Benutzung von Nagellack als Abdruckmittel.

Eigene Nachprüfung

Klarer Nagellack, mit dem dafür vorgesehenen Pinsel auf einem Objektträger ausgestrichen, ergibt eine sehr brauchbare Abdruckschicht. Nagellack enthält, um eine gleichmäßige Verteilung und die Bildung einer glatten Oberfläche zu ermöglichen, Beimengungen, die das sehr schnelle Antrocknen der Lackschicht verzögern und dadurch ein gleichmäßiges Erhärten bewirken. Aufgelegte Haare werden gut eingebettet, und die Abdrücke sind sehr sauber gezeichnet. Schwierigkeiten ergeben sich bei dünnen Haaren, die leicht zu tief einsinken. Dies kann teilweise dadurch behoben werden, daß man den Nagellack nicht mit dem Pinsel aufträgt, sondern wie bei

der Herstellung eines Blutausstriches verstreicht. Jedoch trocknen diese sehr dünnen Ausstriche wiederum sehr rasch, was eine saubere Bettung erschwert.

THOMA weist auf eine nicht veröffentlichte Methode von NISTLER hin. Dieser legt die Haare auf eine Cellophanplatte, überstreicht sie mit einem acetongetränkten Pinsel und kann schon nach wenigen Sekunden die Haare abnehmen und die eingeprägten Abdrücke mikroskopieren.

Eigene Nachprüfung

Cellophan enthält als Hauptbestandteil Zellulose und ist durch Aceton und andere organische Lösungsmittel nicht zu erweichen. Der Hinweis auf Cellophanplatten als Abdruckmittel ist daher ein Fehler. Acetonlöslich sind Zelluloidfolien und -platten; der Versuch wurde daher mit einem alten Zelluloidkleinbildfilm unternommen. Durch Bestreichen mit Aceton erweicht die Zelluloidoberfläche sofort, und die aufgelegten und befestigten Haare werden eingebettet. Bei dieser Methode sind jedoch keine vollständigen Halbbettungen zu erzielen. Auch bei dünnen Haaren ist die Bettungstiefe meistens nicht ausreichend. Außerdem wölbt sich der verwendete Zelluloidfilm beim Bestreichen mit Aceton und muß daher vorher mit Klebestreifen auf einem Objektträger befestigt werden. Die Abdrücke

zeigen, abgesehen von der meist unvollständigen Tiefe, auch nur eine sehr verschwommene Cuticulazeichnung.

Eine Methode nach ähnlichem Prinzip, jedoch etwas ausgefeilter, wurde von SCHAIDT vorgelegt. Er bringt die gereinigten Haare auf einen Objektträger und versetzt sie mit einem Tropfen Eisessig. Dann wird ein Stück unbelichteter und ausfixierter Kleinbildfilm aufgelegt, und zwar mit der Schichtseite nach oben. Das Ganze wird mit einem zweiten, leicht mit Eisessig angefeuchteten Objektträger bedeckt, den man für etwa zwei sec mäßig andrückt. Nun löst man die beiden Objektträger. Der Film bleibt mit seiner photographischen Schichtseite an dem zweiten, oberen Objektträger hängen. Der erste Objektträger löst sich, und die Haare sind nun in die durch den Eisessig erweichte Substanz des Kleinbildfilmes eingebettet. Nach dem Trocknen des Präparates werden sie mit einer Nadel oder einer spitzen Pinzette entfernt.

Eigene Nachprüfung

Bei den eigenen Versuchen traten folgende Schwierigkeiten auf:

Meistens löst sich der erste Objektträger schwerer als der zweite, der fest mit dem Kleinbildfilm verbunden bleiben soll. Man kann den ersten Objektträger oft nur mit einem Messer lösen

Ferner wird der Kleinbildfilm durch das tropfenförmige Aufbringen von Eisessig ungleichmäßig erweicht. Es kommt damit zur unterschiedlich tiefen Einlagerung der Haare. Gelingt es, die Objektträger in der von SCHAIDT beschriebenen Art und Weise zu lösen, dann stören bei der Betrachtung des Abdruckes unregelmäßige Strukturen auf der anderen Seite des Filmes. Diese bestehen aus Linien und Blasen, die sich ergeben, wenn sich der Film beim Trennen der Objektträger teilweise löst. Ein einwandfreies Haften des Filmstreifens auf dem Objektträger ohne Ausbildung störender Strukturen konnte durch das Behandeln mit Eisessig nicht erreicht werden. Dies ist deshalb verständlich, weil der Film auf dieser Seite seine photographische Schicht besitzt. Die Schicht selbst hat bei Erweichen mit Essigsäure kein ausreichendes Haftvermögen. Sie verhindert aber, daß das durch die Essigsäure erweichte Filmmaterial mit dem Objektträger vollständig in Berührung kommt. Bessere Ergebnisse durch eine vollständig homogenisierte Haftfläche wurden durch Verbindung mit einem Tropfen UHU-hart erreicht. Man geht am besten wie folgt vor:

Ein Tropfen UHU-hart wird auf die Mitte eines Objektträgers gegeben. Darauf wird das Stück Kleinbildfilm mit der photographischen Schichtseite gelegt. Mit einem zweiten Objektträger wird das Filmstück angedrückt. Der Tropfen UHU-hart breitet sich dann aus und ergibt eine vollständig klare und homogene Haftung des Filmstreifens am Objektträger. Nun

wird der obere Objektträger wieder abgenommen und mit einem Ende in Eisessig getaucht. Mit diesem Ende wird er auf ein Ende des Filmstreifens aufgesetzt und über die volle Länge des Filmes hinweggezogen. Man erreicht hierdurch eine vollständig gleichmäßige Erweichung des Filmmaterials. Bei dickeren Haaren kann der Objektträger mehrmals hin und her gezogen und gegebenenfalls neu mit Eisessig befeuchtet werden. Hierdurch läßt sich die Tiefe der Erweichung dosieren. Die Haare müssen dann schnell aufgelegt und mit einem frischen Objektträger angedrückt werden. Trotz dieser Verbesserung sind die Abdrücke nicht gut genug.

Eine moderne Methode ist die Einbettung von Haaren in durch Wärmeeinwirkung erweichte Thermoplastik. Einbettungen in Thermoplastik sind auch in der Elektronenmikroskopie üblich. Das Prinzip der Haareinbettung in thermoplastisches Material ist folgendes: Ein durchsichtiges Plattenstück aus Thermoplastik wird bis zu seinem Erweichungspunkt erwärmt, und die aufgelegten Haare werden durch ein Gewicht oder eine Presse eingedrückt. Nach Erkalten ist das Material wieder vollkommen hart, und die Haare hinterlassen nach dem Entfernen einen Abdruck, der unter dem Mikroskop betrachtet werden kann.

KIRK, MAGAGNOSE und SALISBURY benutzten mit Erfolg L u c i t e und V i n y l i t e als thermoplastisches Abdruckmittel. Lucite ist ein Kunststoff auf Acrylharzbasis, Vinylite ein Polymerisationsprodukt aus Vinylchlorid-Venylacetat. Die Haare werden auf einen Objektträger gelegt und an den Enden mit einem Klebestreifen befestigt. Hierauf wird ein Stück Vinylit oder andere Thermoplastik gelegt, das wieder mit einem Objektträger bedeckt wird. Mit einem Gewicht beschwert, wird dieses Präparat auf einer thermostatisch geregelten Heizplatte auf eine Temperatur von etwa 100 ^{o} C gebracht. Die genaue Temperatureinstellung ist abhängig von der Dicke der Haare und vor allem von der Art des verwendeten Kunststoffes. Das Präparat wird 5 - 10 min erwärmt, was wiederum abhängt von der Art der Plastik und der Dicke der Haare. Dann wird das Präparat abgekühlt, und die Haare werden entfernt.

Eigene Nachprüfung

Bei eigenen Versuchen mit thermoplastischen Abdruckmitteln wurde mit Polystyrol III der BASF gearbeitet. Es muß darauf hingewiesen werden, daß viele im Handel erhältlichen Thermoplastikplatten auf das Vielfache ihrer Ausgangsgröße gereckt sind und sich beim Erwärmen wieder zusammenziehen. Die gereckten Kunststoffe müssen vor der Verwendung wieder

wärmegeschrumpft werden, da sie sich sonst während des Abdruckverfahrens zusammenziehen können. Statt des beschriebenen Gewichtes wurde zum Andrücken eine Federpresse benutzt. Die erhaltenen Abdrücke waren von sehr gleichmäßiger Tiefe, und die Cuticulastrukturen wurden sauber wiedergegeben.

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen kommt nur ein Teil der das Haar ganz umschließenden Cuticula zur Darstellung. Auch bei den negativen Halbbettungsverfahren läßt sich nicht der volle halbe Umfang der Haaroberfläche betrachten, sondern in den Randbereichen wird das Präparat durch Totalreflexion des durchfallenden Lichtes verdunkelt. Auf diese Weise wird bei den Halbbettungsverfahren etwa ein Drittel des Haarumfanges dargestellt. Dies reicht zur Beurteilung der Schuppenstruktur völlig aus.

Es sind jedoch in der Literatur Methoden beschrieben, die eine komplette Darstellung des gesamten Cuticulaumfanges erzielen sollen. KIRK, MAGAGNOSE und SALISBURY legen die Haare zwischen zwei Thermoplastikplatten, in die sie bei Erwärmen einsinken, je zur Hälfte in die obere und in die untere. Aus dem oben Gesagten ist jedoch verständlich, daß man auf diese Weise zwar einen vollständigen Abdruck der Haaroberfläche erhält, daß jedoch nur etwa zwei Drittel der Gesamtoberfläche zur Darstellung gelangen.

Einen völlig anderen Weg beschreitet WILDMAN. Er rollt das zu untersuchende Haar über einen Zelluloidausstrich und erhält damit einen ebenen Abdruck der Gesamtoberfläche. WILDMAN geht wie folgt vor: Eine Glasplatte in der Größe eines Diapositivglases wird auf dem Tisch eines Mikroskopes befestigt, und zwar so, daß sich der Objektführer durch Betätigen der Führungsschrauben über der Glasplatte bewegen läßt. Es werden einige Tropfen Zelluloidabdruckmittel (ROX oder ähnliches) auf die Glasplatte aufgetropft und ausgestrichen. nun muß schnell gearbeitet werden. Mit einer Nadel werden im Abstand von 1 - 2 cm paarweise kleine Mengen von Wollwachs (Lanolin) auf die Diaplatte aufgebracht. Sie dienen als Befestigung und Lager für zwei gereinigte Haare, die nun mit zwei Pinzetten zwischen den Wachspunkten ausgespannt werden. Darauf wird mit der Schichtseite nach unten ein ebenfalls mit Abdruckmittel bestrichener Objektträger gelegt. Dieser muß so liegen, daß er durch den Objektführer bewegt werden kann. Der Objektträger ruht also wie auf zwei Walzen auf den beiden parallel liegenden Haaren. Die Wollwachsbefestigungen befinden sich außerhalb. Jetzt wird der Objektträger durch Betätigen der Führungsschrauben seitlich hinwegbewegt, wobei er mit dem Daumen leicht angedrückt wird. Die Haare machen hierbei eine rollende Bewegung und drücken ihre Cuticulastruktur in beide Schichtseiten ein. Voraussetzungen für das Gelingen des Abdruckes sind: Die Haare müssen parallel liegen

und dürfen in sich nicht verdrillt sein. Die Abdruckschicht darf die Haare beim Auflegen und Abrollen nicht einsinken lassen; sie muß also dünn sein und darf nicht mehr kleben.- Bei einer Variation der Methode wird ohne Verwendung eines Objektführers der obere Objektträger nur von Hand auf den beiden Haaren abgerollt.

Eigene Nachprüfung

Dieses im Prinzip recht einfache Verfahren macht bei seiner Anwendung sehr viel Schwierigkeiten. Gearbeitet wurde nach der von WILDMAN beschriebenen Variation des Verfahrens, ohne Verwendung eines Objektführers. Als Abdruckmittel wurde ROX I verwendet. Folgende Fehlerquellen sind für das Fehlschlagen eines Versuches verantwortlich:

1. Die beiden Haare sind nicht parallel zueinander aufgelegt.
2. Die Haare sind nicht gerade gespannt.
3. Die Haare haben keinen runden Querschnitt.
4. Die beiden Ausstriche sind entweder zu frisch oder zu trocken.
5. Die Haare sinken ein, weil Ausstrich zu dick.
6. Der Objektträger wird nicht genau senkrecht zur Haarachse verschoben.
7. Die Haare rollen nicht, weil der Druck auf den Objektträger nicht richtig dosiert wird.

Auch wenn es gelang, nach dem Ausschalten aller Fehlerquellen einen Abdruck zu erhalten, so konnte man auf diesem die Schuppenstruktur nur angedeutet wahrnehmen.

3. Endgültiges Verfahren

Um aus der Reihe der vielen genannten Abdruckverfahren das optimale zu wählen, muß man sich eine Reihe von Kriterien vor Augen halten und an das Abdruckverfahren folgende Anforderungen stellen:

1) Die Details der Haaroberfläche müssen in ausreichender Schärfe dargestellt werden.

2) Das Abdruckverfahren muß für alle Haare in gleicher Weise zum Erfolg führen.

3) Die Methode muß einfach zu handhaben sein und darf nicht zu viele komplizierte Hilfsmittel und Zeit in Anspruch nehmen.

Bei Berücksichtigung dieser Punkte erweist sich das Gelatine-Abdruckverfahren als optimal. Es ergibt bei allen Haardicken und Sorten gleichmäßig gute Abdrücke, und es ist relativ einfach und schnell zu handhaben. Das Vorgehen bei dieser Methode sei deshalb noch einmal ausführlich in der Form beschrieben, in der es sich am besten bewährt hat.

An Arbeitsmaterial und Reagentien wird benötigt:

1) Äther

2) Kleine, verschließbare Gefäße, in denen die Haare mit Äther gereinigt werden, und aus denen sie leicht mit einer Pinzette herauszuholen sind.

3) Zwei Pinzetten zum Fassen der Haare

4) Objektträger als Träger des Ausstriches

5) Schere zum Zerschneiden der Haare

6) Eine feine Präparier- oder Nähnadel zum Lösen der eingebetteten Haare.

7) Eine gläserne Arbeitsfläche von der ungefähren Größe eines Din-A-5-Bogens. Gut bewährt hat es sich, die Glasplatte, wie LOSKE angibt, zur Hälfte mit schwarzem und weißem Papier zu unterlegen, um je nach Farbe, die aufgelegten Haare deutlich sichtbar zu machen. Eine kleine Samtfläche, ebenfalls von LOSKE beschrieben, empfiehlt sich zum Ablegen der Haare kurz vor ihrer Einbettung. Sie ermöglicht ein rasches Fassen der Haare und verhindert ein zu leichtes Wegfliegen bei jedem Atemzug.

8) Zwei Uhrgläser zum Zudecken der auf der Glasplatte liegenden Haare.

9) Gelatinelösung.

Herstellen der Lösung: In einem Reagenzglas werden 2,5 g Gelatine mit 10 ml Wasser zum Quellen gebracht. Nur bei sehr dicken Borsten benötigt man 4 g Gelatine mit 10 ml Wasser.

Nach etwa 1 Std wird der Inhalt des Reagenzglases in einem Wasserbad erwärmt. Die Gelatine geht jetzt vollständig in Lösung, was durch Umrühren mit einem Glasstab beschleunigt wird. Luftblasen, die sich dabei bilden, steigen zur Oberfläche und sind nach einer Viertelstunde verschwunden. Jetzt ist die Lösung gebrauchsfertig. Das Gelatinegel ist in verschlossenem Reagenzglas beliebig lange haltbar. Der Glasstab kann in der erkaltenden Lösung verbleiben, was durch eine Bohrung im Verschlußkorken zu bewerkstelligen ist. Er wird später zum Ausstreichen des Gels verwendet. Das so vorbereitete Gelatinegel ist bei Bedarf durch Erhitzen im Wasserbad jederzeit verwendungsfähig.

Arbeitsgang

a) Vorbereitung

Die zu untersuchenden Haare werden durch Einlegen in Äther etwa eine halbe Stunde gereinigt. Vorher können sie unter dem Mikroskop auf anhaftende Fremdkörper untersucht werden. Dann werden sie einzeln mit der Pinzette aus der Lösung herausgefischt und, nachdem man sie leicht geschüttelt hat, auf der Glasplatte abgelegt. Schon nach wenigen Sekunden sind die Haare trocken und werden mit einem Uhrglas abgedeckt. Lange und stark gekrümmte dickere Haare müssen jetzt zerschnitten werden, gekrümmte Haare am besten in Stücke von 1,5 cm Länge. Dazu

wird das Haar auf einer Seite durch ein Stück selbstklebender Folie gekennzeichnet. Von der anderen Seite her werden die erforderlichen Stücke abgeschnitten: man faßt den Teil, den man abtrennen will, vorher mit der Pinzette, um zu verhindern, daß er beim Schneiden wegspringt. Die abgetrennten Stücke werden der Reihenfolge nach immer in gleicher Richtung auf die Samtunterlage aufgelegt. In dieser Reihenfolge werden sie dann auch anschließend auf den Ausstrich gebracht. Ein genaues Beibehalten der Richtung und Reihenfolge ist wichtig, um später an Hand der Teilabdrücke den Gesamtverlauf der Schuppenzeichnung darstellen zu können, denn die Cuticulastruktur eines Haares ist im Verlauf von der Wurzel zur Spitze sehr unterschiedlich.

b) Anfertigen des Ausstrichs und Einbetten der Haare

Ein Objektträger wird in Längsrichtung zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand genommen. Mit der rechten Hand nimmt man den Glasstab aus der im Wasserbad auf knapp 100 $^{\circ}$ C erwärmten Gelatinelösung. (Das Wasserbad darf nicht kochen, da die Lösung sonst explosionsartig aus dem Reagenzglas gespritzt werden kann.) Der Glasstab wird am Reagenzglasrand leicht abgestrichen. Der Rest wird durch flaches Auflegen des Stabes auf den Objektträger ausgestrichen, indem man den Stab einmal oder mehrmals über die Objektträgerfläche zieht und ihn dabei unter Umständen leicht dreht.

Ob der Ausstrich die richtige Dicke hat, wird man leicht erkennen. Angestrebte Dicke ist der halbe Haardurchmesser. Wird der Objektträger vorher leicht erwärmt, so ist es noch einfacher, einen gleichmäßigen Ausstrich herzustellen. Jetzt werden die vorbehandelten Haare oder Haarteile mit der Pinzette aufgebracht, indem man sie aus etwa 5 mm Abstand auf den Ausstrich fallen läßt. Dünne, feine Wollhaare, die nicht zerschnitten werden müssen, werden zur vollständigen Haftung kurz angeblasen.

c) Trocknen der Präparate und mikroskopische Betrachtung

Bei Zimmertemperatur sind die Präparate nach etwa 10 min getrocknet. Vorsichtiges Erwärmen über einer Bunsenflamme beschleunigt den Trockenprozeß erheblich. Ob ein Präparat trocken ist, prüft man am besten mit einer Nadel. Nach dem Trocknen werden die Haare oder Haarteile an einem Ende mit einer feinen Nadel unterfahren und mit der Pinzette abgehoben. Zur weiteren Verwendung sind die Haare wieder sorgfältig auf die Samtfläche aufzulegen und mit einem Uhrglas abzudecken. Ist ein Abdruck nicht gelungen, so kann das Verfahren ohne erneute Reinigung der Haare wiederholt werden.

Jetzt wird der Abdruck mikroskopiert. Es eignet sich hierzu jedes Mikroskop mit abblendbarem Kondensor. Die eigenen Versuche wurden mit dem PANPHOT der Firma Leitz gemacht. Ob

ein Abdruck gelungen ist, erkennt man an der Randzone der Haarabdrücke. Gute Abdrücke haben einen glatten, sauberen Rand, die Abdruckränder laufen genau parallel. Zu tiefe Abdrücke zeigen in der Randzone zungenförmige, die Schuppenzeichnung teilweise verdeckende Gelatinehäutchen. Unvollständige Abdrücke haben einen ungleichmäßigen Rand, der zum Teil gezähnelt ist, die Abdruckränder laufen meistens nicht parallel.

Die besten Beobachtungen wurden bei einer Objektivvergrößerung von 10 : 1 gemacht. Wichtig ist die genaue Einstellung des Kondensors und seiner Blenden. Diese Einstellung muß für jedes Mikroskop ermittelt werden. Beim PANPHOT wurden die besten Beobachtungen und Bilder bei stark geschlossenen Kondensorblenden erreicht. Eine wesentliche Verbesserung der Schuppenzeichnung erzielt man bei exzentrisch verstelltem Kondensor, und zwar bei Verschiebung in Richtung zur Haarwurzel. Ein in den Beleuchtungsstrahlengang eingeschalteter Blaufilter verbessert die Schuppenzeichnung:

Bei der Mikrophotographie wurden die besten Bilder durch Einschalten eines Gelbfilters erzielt. Photographiert wurde mit aufgesetzter LEICA, als Film bewährte sich ADOX KB 14 sehr gut. Er zeichnet sehr kontrastreich, ist feinkörnig und erlaubt spätere photographische Vergrößerung. Belichtet wurde bei der erforderlichen starken Kondensorabblendung 3 sec. Versuche mit eingebautem Elektronenblitz ergaben keine guten Bilder, weil bei Verwendung eines Biltzes die vorherige genaue,

durch das Auge zu kontrollierende Anpassung der Kondensoreinstellung auf das spezielle Präparat, und damit die Erzielung eines optimalen Konstrastes, nicht möglich ist.

4. Bemerkungen zur Artdiagnose

Die zahlreichen, im Rahmen der Arbeit angefertigten Haarabdrücke verschiedener Tierarten lassen folgendes erkennen:

1. Viele Tierarten haben verschiedene Haartypen; es sind die in der Literatur bekannten umd meistens schon mikroskopisch zu differenzierenden Leit-, Grannen- und Wollhaare -. Diese unterscheiden sich auch im Cuticulabild charakteristisch voneinander. Jedoch gibt es auch häufig Übergangsformen zwischen Leit- und Grannen- sowie Grannen- und Wollhaaren!

2. Jedes Haar zeigt in seinem Verlauf - von der Wurzel bis zur Spitze - mannigfache Unterschiede in der Cuticulastruktur, so daß die Aufstellung typischer Cuticulaformkriterien für eine bestimmte Tierart in den meisten Fällen als nicht gerechtfertigt erscheint. Nur beim Kaninchen konnte eine ins Auge springende charakteristische Form der Cuticulaschuppen im oberen Drittel der Leit- und Grannenhaare fast immer gefunden werden.

3. Außer der unterschiedlichen Schuppenzeichnung im Verlauf eines Haares ergeben sich bei einer Tierart oder einem

Individuum noch Unterschiede im Cuticulabild durch verschiedene Haardicken und unterschiedliche mechanische Veränderungen der Haare in verschiedenen Körperregionen.

Dies zeigt, daß eine Artdiagnose aus der Haarcuticulazeichnung nur dann einwandfrei ist, wenn viele Aufnahmen aus dem Verlauf des zu bestimmenden Haares gemacht werden und mit vielen Vergleichsaufnahmen aus zahlreichen Abschnitten verschiedener Haare der fraglichen Tierart verglichen werden.

5. Literatur

DOEHNER, H. und H. REUMUTH: Wollkunde, Berlin-Hamburg (Parey) 1964

EVANS, D.: The Use of Normal Incident Illumination in the Examination of Hair Cuticle. J. For. Sci. Soc. 4, 217, 1964

HERZOG, A.: Abdrücke tierischer Wollen und Haare in Harz. Melliand Tetilber. 8, 341, 1927

JAROSCH, K., H. GRIMS und A. MAREK: Ein einfaches Abdruckverfahren zur Haarcuticula-Darstellung. Beitr. gerichtl. Med. 21, 83, 1958

KIRK, P., S. MAGAGNOSE und D. SALISBURY: Casting of Hairs- its Technique and Application to Species and Personal Identification. J. Crim. Law 40, 236, 1949/50

KOCH, P.: Mikroskopie der Faserstoffe, Wuppertal-Eberfeld (Spohr) 1959

LODEMANN, G.: Das Pferdehaar. Tierzüchtung. 9, 327, 1927

LOSKE, T.: Methoden der Textilmikroskopie, Stuttgart (Franckh) 1964

MANBY, J.: Celluloid Impressions of the Surface Structure of Animal Fibres. J. Microscop. Soc. 53, 9, 1933

MENDRZYK, H.: Beitrag zur Mikrophotographie der Wolle mit besonderer Berücksichtigung der Oberflächenstruktur. Melliand Textilber. 15, 337, 1934

SAXINGER, G.: Eine neue Methode zur Untersuchung des Haarepithels (Oberhäutchen). Tierzüchtung 5, 379, 1925

SCHMIDT, G.: Eine neue Methode zur Darstellung der Haarcuticula. Kriminalwiss. (Beil. zu "Kriminalistik")8, 127, 1954

SCHRÖDER, A.: Ist die Unterscheidung der Menschen- und Tierhaare durch die Cuticula möglich?
Z. gerichtl. Med. 15, 127, 1930

THOMA, K.: Eine einfache Methode zur Färbung der Oberfläche des menschlichen Kopfhaares.
Kriminalwiss. (Beil. zu "Kriminalistik") 1, 91, 1954

TROTTER, M. und O. DUGGINS: Cuticular Scale Counts of Hair of Children. Amer. J. Phys. Anthropol. 8, 467, 1950

WIDY, W.: Eine vereinfachte Methode zur plastischen Reproduktion einer Haarcuticula (poln.).
Arch. med. sad. 10, 147, 1958
Ref. Z. gerichtl. Med. 48, 541, 1958/59

WILDMAN, A.: The Microscopy of Animal Textile Fibres, Leeds (Wool Industries Research Association) 1954

6. Zusammenfassung

Aufgabe der Untersuchung war ein experimenteller Vergleich aller in der Literatur angegebenen Methoden zur mikroskopischen und photographischen Darstellung der Haarcuticula. Diese Darstellung ist in der gerichtlich-medizinischen Praxis das wichtigste Verfahren zur Speziesdifferenzierung von Haaren . Es wurden 20 Methoden nachgearbeitet; als optimal erwies sich die Technik des Gelatineabdrucks nach LOCHMANN. Diese Technik wurde noch etwas verbessert und präzisiert. Eine genaue Arbeitsvorschrift wird gegeben. Mit dieser optimalen Technik wurden sodann Haare von Menschen, Hunden, Kaninchen, Katzen, Mäusen, Meerschweinchen, Pferden, Ratten, Rehen, Schafen, Schweinen und Ziegen aufgenommen. Als Nebenbefund ergab sich, daß die morphologischen Kriterien der Differenzierung durchaus nicht so zuverlässig sind, wie in der Literatur angegeben, und daß eine Artdiagnose nur an Hand vieler Vergleichsaufnahmen aus zahlreichen Abschnitten verschiedener Haare der fraglichen Tierart möglich ist.

7. Bildanhang

Abb. 1.: Mensch, Unterarm, unteres Drittel.
Abb. 2.: Mensch, Unterarm, mittleres Drittel.
Abb. 3.: Schäferhund, Leithaar, Rücken, unten.
Abb. 4.: Schäferhund, Leithaar, Rücken, oberes Drittel.
Abb. 5.: Kaninchen, Leithaar, Rücken, unteres Drittel.
Abb. 6.: Kaninchen, Leithaar, Rücken, Mitte.
Abb. 7.: Kaninchen, Grannenhaar, Rücken, Mitte.
Abb. 8.: Kaninchen, Grannenhaar, Brust, unteres Drittel.
Abb. 9.: Kaninchen, Wollhaar, Brust, unteres Drittel.
Abb.10.: Hase, Leithaar, Rücken, unteres Drittel.
Abb.11.: Hase, Grannenhaar, Brust, Mitte.
Abb.12.: Hase, Wollhaar, Rücken, unteres Drittel.
Abb.13.: Hase, Wollhaar, Rücken, Spitze.
Abb.14.: Angorakatze, Leithaar, Rücken, kurz über Wurzel.
Abb.15.: Angorakatze, Grannenhaar, Rücken, unteres Drittel.
Abb.16.: Angorakatze, Wollhaar, Rücken, Mitte.
Abb.17.: Maus, weiß, Rückenhaar, unteres Drittel.
Abb.18.: Maus, weiß, Rückenhaar, kurz über Wurzel.
Abb.19.: Maus, weiß, Rückenhaar, Mitte.
Abb.20.: Maus, weiß, Rückenhaar, oberes Drittel.
Abb.21.: Meerschweinchen,Rückenhaar, Mitte.
Abb.22.: Meerschweinchen, Brusthaar, unteres Drittel.
Abb.23.: Pferd, Rückenhaar, unteres Drittel.
Abb.24.: Pferd, Rückenhaar, Mitte.
Abb.25.: Ratte, Rückenhaar, unteres Drittel.
Abb.26.: Ratte, Brusthaar, Mitte.
Abb.27.: Reh, Rückenhaar, Mitte,
Abb.28.: Schwein, Rücken, oberes Borstendrittel.
Abb.29.: Schwein, Rücken, Borstenmitte.
Abb.30.: Ziege, Rücken, unteres Drittel.
Abb.31.: Ziege, Barthaar, oberes Drittel.

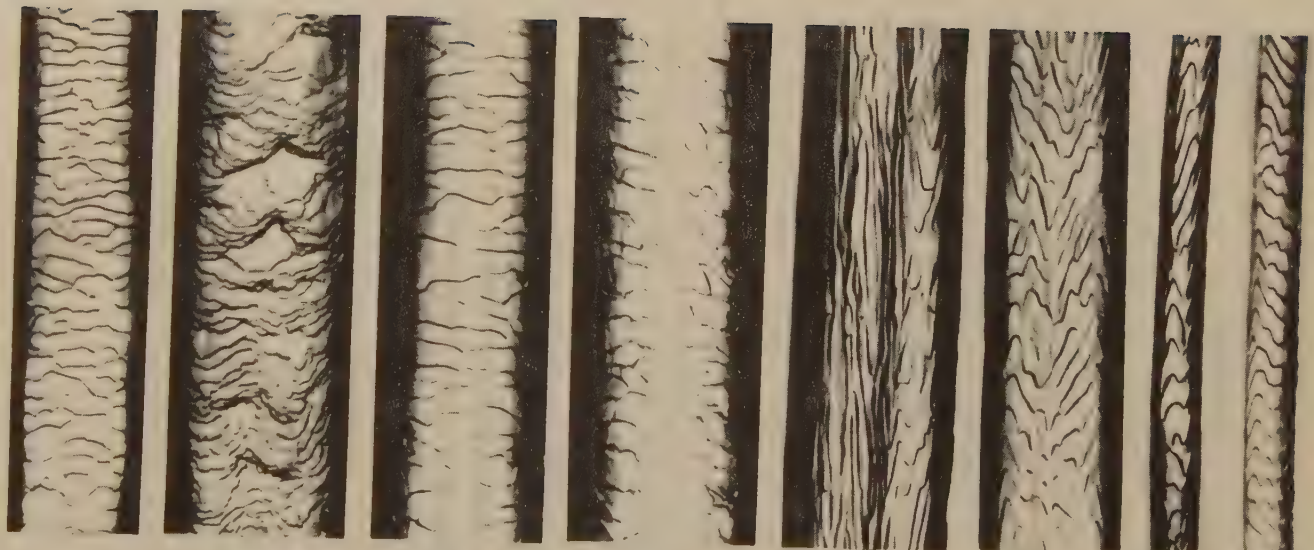

Abb.1. Abb.2. Abb.3. Abb.4. Abb.5. Abb.6. Abb.7. Abb.8.

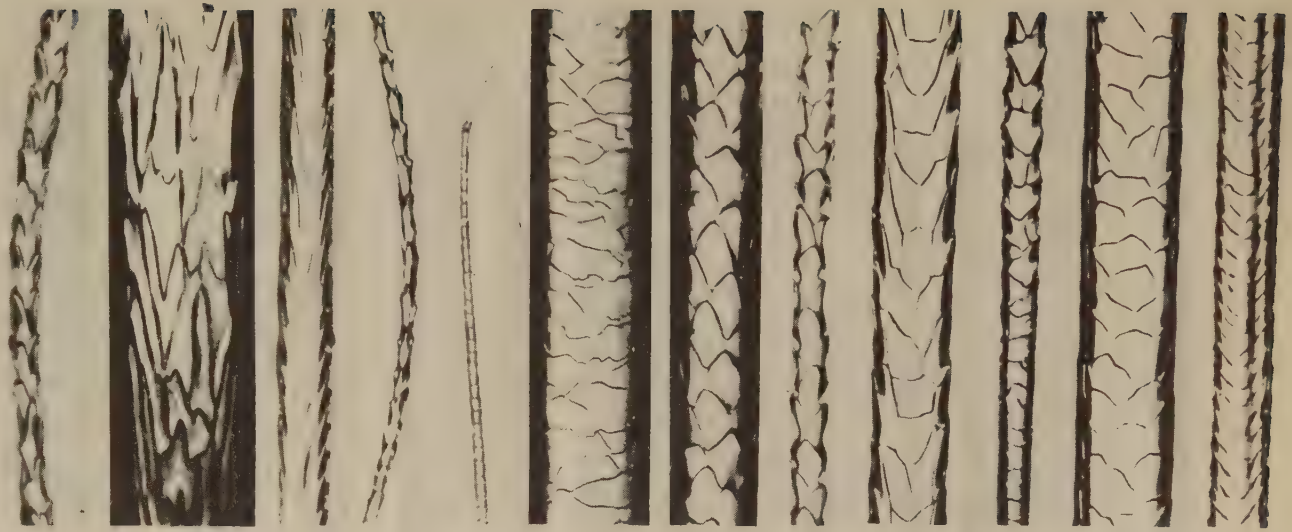

Abb.9. Abb.10. Abb.11. Abb.12. Abb.13. Abb.14. Abb.15. Abb.16. Abb.17. Abb.18. Abb.19. Abb.20.

Abb.21.

Abb.22.

Abb.23.

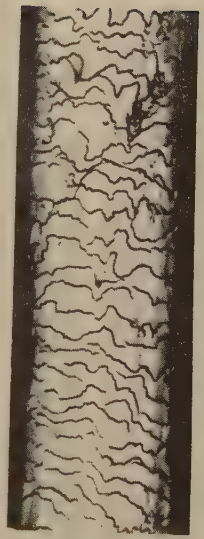

Abb.24.

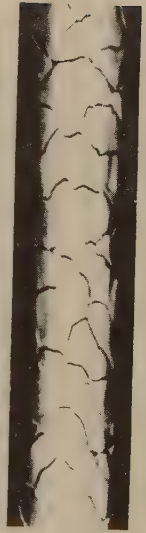

Abb.25.

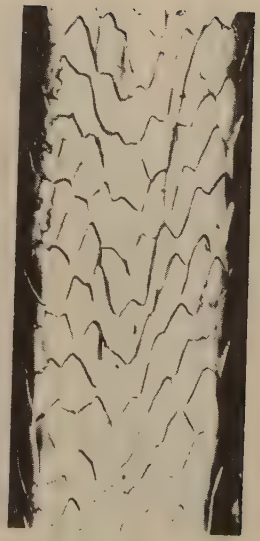

Abb.26.

Abb.27.

Abb.28.

Abb.29.

Abb.30.

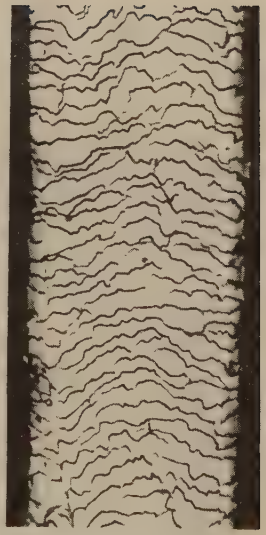

Abb.31.

Inhalt

1. Einleitung und Allgemeines 1

2. Darstellungsmethoden und eigene Versuche 2

I. Voruntersuchung und Reinigung der Haare . . 2

II. Direkte Methoden 3

A. Betrachtung des gereinigten Haares im durchfallenden Licht 3

B. Positivbettung 4

C. Betrachtung im auffallenden Licht . . . 6

D. Färbemethoden 8

III. Indirekte Methoden 10

3. Endgültiges Verfahren 32

a) Vorbereitung 34

b) Anfertigen des Ausstriches und Einbetten der Haare 35

c) Trocknen der Präparate und mikroskopische Betrachtung 36

4. Bemerkungen zur Artdiagnostik 38

5. Literatur 40

6. Zusammenfassung 42

7. Bildanhang 43

Lebenslauf

Am 8. Mai 1941 geboren in Darmstadt, als Sohn des jetzigen Oberpostdirektors Dr. Ing Friedrich Ring und seiner Ehefrau Elisabeth, geborene Forstmann, mit damaligem Wohnsitz in Berlin. 1943 Evakuierung nach Heidmühlen in Holstein. Von April 1947 bis Juni 1949 Besuch der Volksschule in Heidmühlen. Im Juni 1949 Umzug nach Darmstadt; dort bis April 1952 Besich der Lessingschule. Von Mai 1952 bis März 1961 Schüler der Lichtenberschule, Gymnasium für Jungen in Darmstadt, an der ich am 2. 3. 1961 das Abitur am mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig bestand. Von April 1961 bis Juni 1962 leistete ich meinen Grundwehrdienst ab. Oktober 1962 immatrikulierte ich mich an der Medizinischen Fakultät der Universität Marburg. Juli 1963 legte ich die Vorphysikumsprüfung und im April 1965 die ärztliche Vorprüfung ab. Danach studierte ich je ein Semester an den Universitäten in Kiel und Innsbruck und bin seit dem Sommersrmester 1966 wieder in Marburg immatrikuliert. Hier legte ich am 24. 7. 1968 die medizinische Staatsexamensprüfung ab.

Meine akademischen Lehrer waren
die Herren Professoren und Dozenten

In Kiel:

Huber, Löhr, Overbeck, Portwich, Wulf.

In Innsbruck:

Berger, Braunsteiner, Gögl, Halhuber, Heinz,
Huber, Kirchmair, Konrad, Mauber, Platzgummer,
Tapfer, Wense, Wunderer.

In Marburg:

Beckmann, Berendes, Bommer, Braun-Falko,
Buchholz, Dimroth, Drawert, Exner, Gadigk,
Hamm, Hardewich, Hensel, Hildebrand, Hohorst,
Karlson, Knauf, Linneweh, Löhr, Mahr, Mann,
Martini, Marx, Mattes, duMesnil de Rochement,
Nissing, Petry, Rohen, Seidel, Schleyer, Schmid,
Schiff, Siegert, Siess, Straub, Streicher,
Walcher, Wendt.

aku Fotodruck u. Verlag Bamberg